



Sonnenstrom aus der Wüste als Element nachhaltiger Energie in Europa

Franz Trieb



04.05.2010



Stromerzeugung: GROSS UND ZENTRAL ...





... oder lieber klein und dezentral ...

Biogas, Holzenergie, Photovoltaik, Nahwärmenetz



Bioenergiedorf Mauenheim



... oder doch lieber GROSS UND ZENTRAL ...



Windpark-Landschaft in Mecklenburg



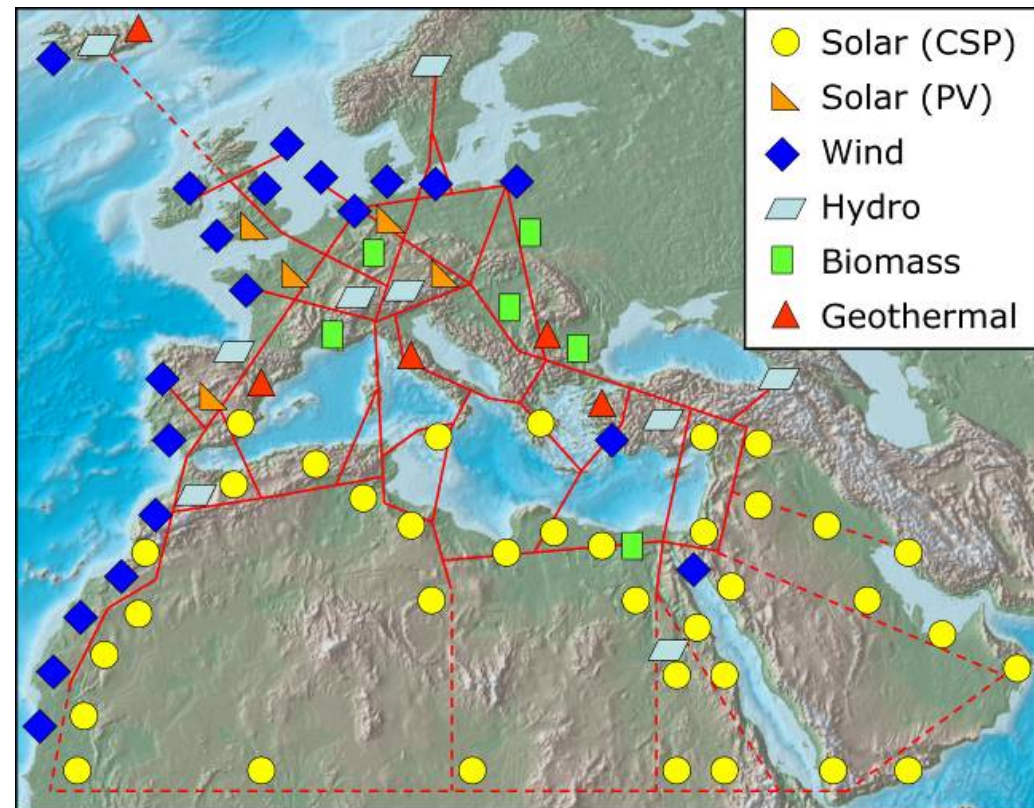


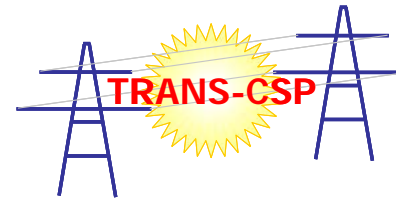
... oder einfach aus der Steckdose ?



DESERTEC Vision 2003

HGÜ-Stromautobahnen verbinden gute Produktionsstandorte mit großen Verbrauchszentren





DLR-Studien 2004 - 2007

Ermittlung der erneuerbaren Energiepotentiale für die nachhaltige Produktion von Elektrizität und Trinkwasser in 50 Ländern Europas, Nordafrikas und des Mittleren Ostens unter Berücksichtigung der Option solarthermischer Kraftwerke.



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

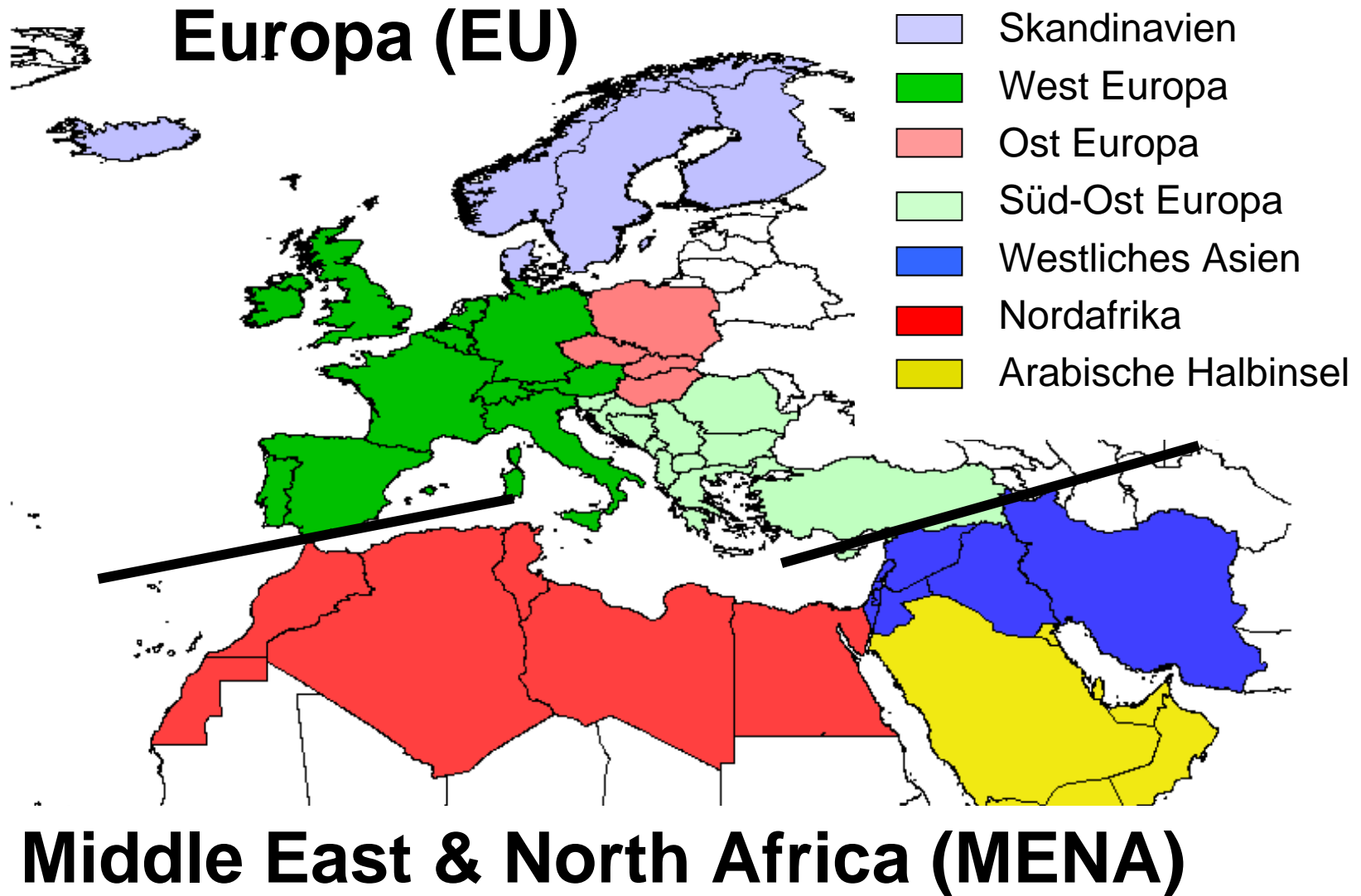


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.dlr.de/tt/trans-csp

Folie 7

Insgesamt 50 Länder untersucht





Elektrizität gewinnt man aus ...

- ✓ Kohle, Braunkohle
- ✓ Erdöl, Erdgas
- ✓ Kernspaltung, **Kernfusion**
- ✓ **Wasserkraft**
- ✓ **Biomasse**
- ✓ **Solarthermische Kraftwerke**
- ✓ **Geothermie (Hot Dry Rock)**
- ✓ **Windenergie**
- ✓ **Photovoltaik**
- ✓ **Wellen / Gezeiten**

...
**ideal gespeicherten
Energieträgern**

...
**speicherbaren
Energieträgern**

...
**fluktuierenden
Energieträgern**

Erneuerbare Energietechnologien



Wasserkraft



Solarthermische
Kraftwerke



Biomasse



Geothermie



Gezeiten



Wellen



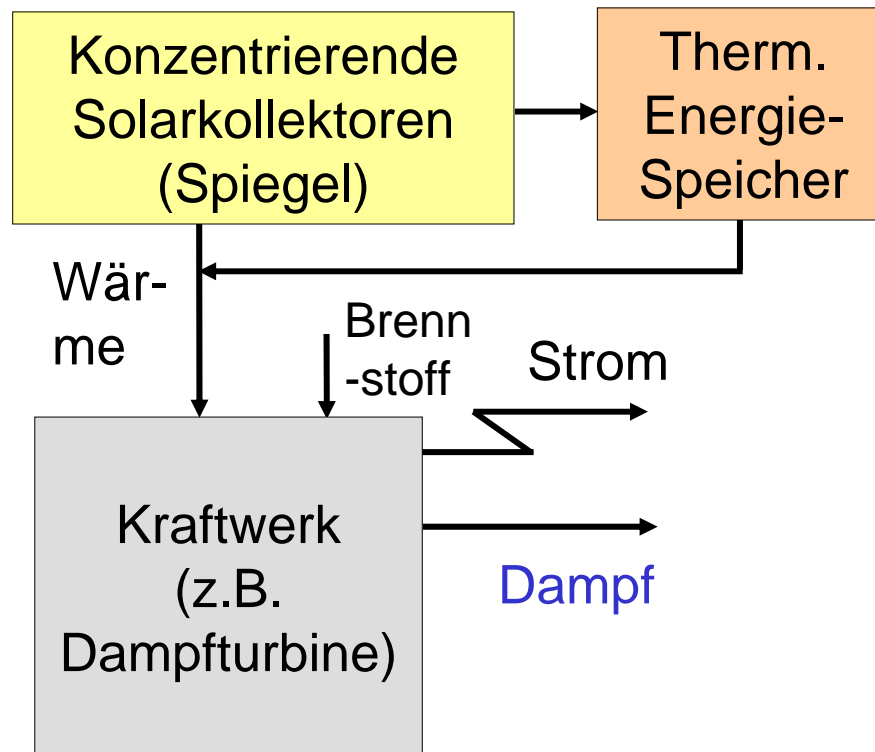
Photovoltaik



Windkraft



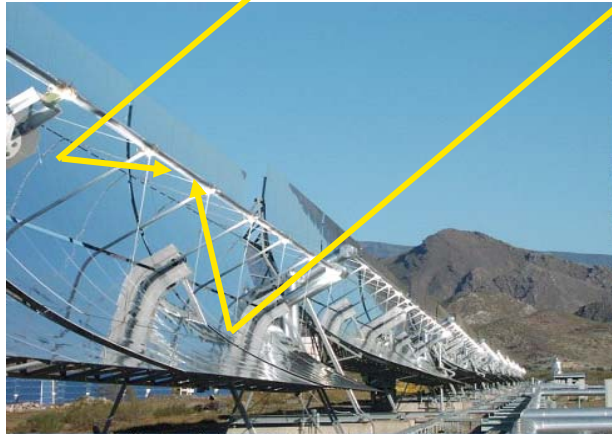
Prinzip eines solarthermischen Kraftwerks



- ✓ Sonnenenergie ersetzt Brennstoff
- ✓ Sekundenreserve
- ✓ Regelleistung nach Bedarf
- ✓ Kraft-Wärme-Kopplung für Wasserentsalzung, Kälte, Fernwärme, Industrie

Konzentrierende Sonnenkollektoren

Parabolrinne (PSA)

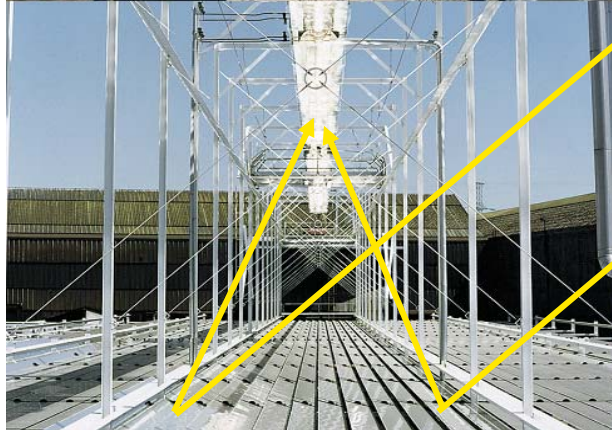


bis 500°C

Solarturm (SNL)



über 1000°C



Linear Fresnel (MAN/SPG)



Dish-Stirling (SBP)





**ANDASOL 1+2, Guadix, Spanien
(2x50 MW, 7 Std. Speicher, 2009)
3500 Volllaststunden pro Jahr**





NOVATEC

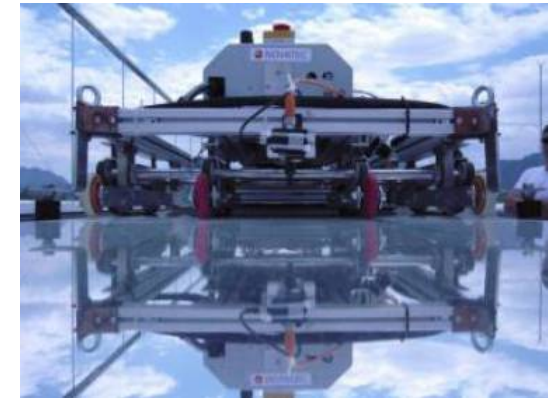
**Linear Fresnel
2 MW, Puerto
Errado, Spanien**

**Produktions-
automaten**

**Direkt-
verdampfung**

Trockenkühlung

Putzroboter



HGÜ-Leitungen in China

HGÜ
HVDC

Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
High-Voltage-Direct-Current Transmission



Spannung: ± 800.000 Volt
Leistung: 6400 Megawatt
Länge: 2070 km
Quelle: Wasserkraft
Verlust: 7%

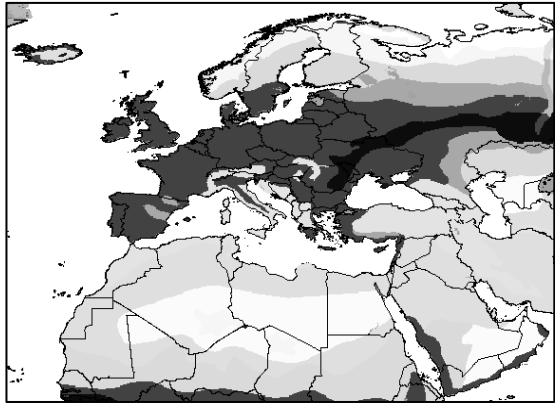


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

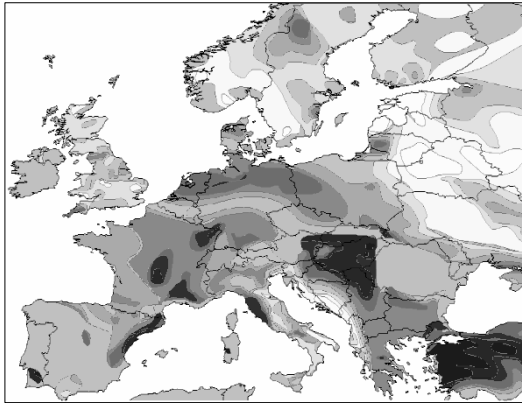
<http://www.abb.com>
<http://www.siemens.com>

Erneuerbare Energiepotenziale in Europa, Mittlerer Osten, Nordafrika

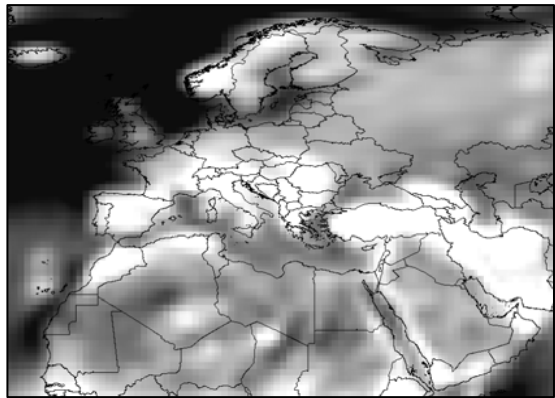
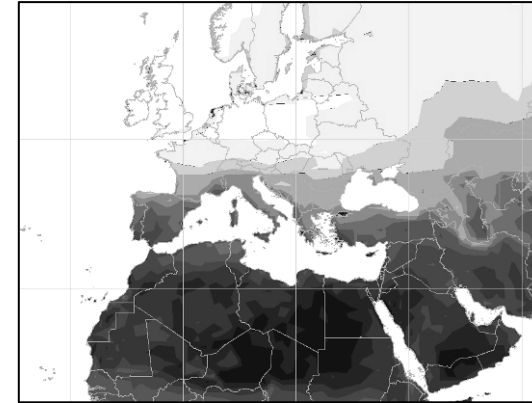
Biomasse (0-1)



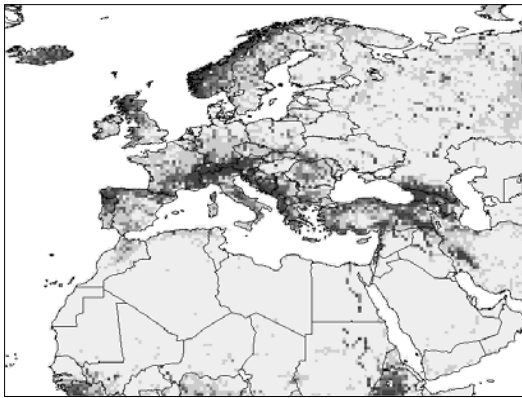
Geothermie (0-1)



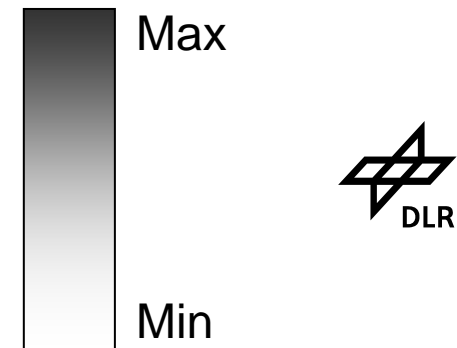
Solar (10-250)



Windkraft (5-50)

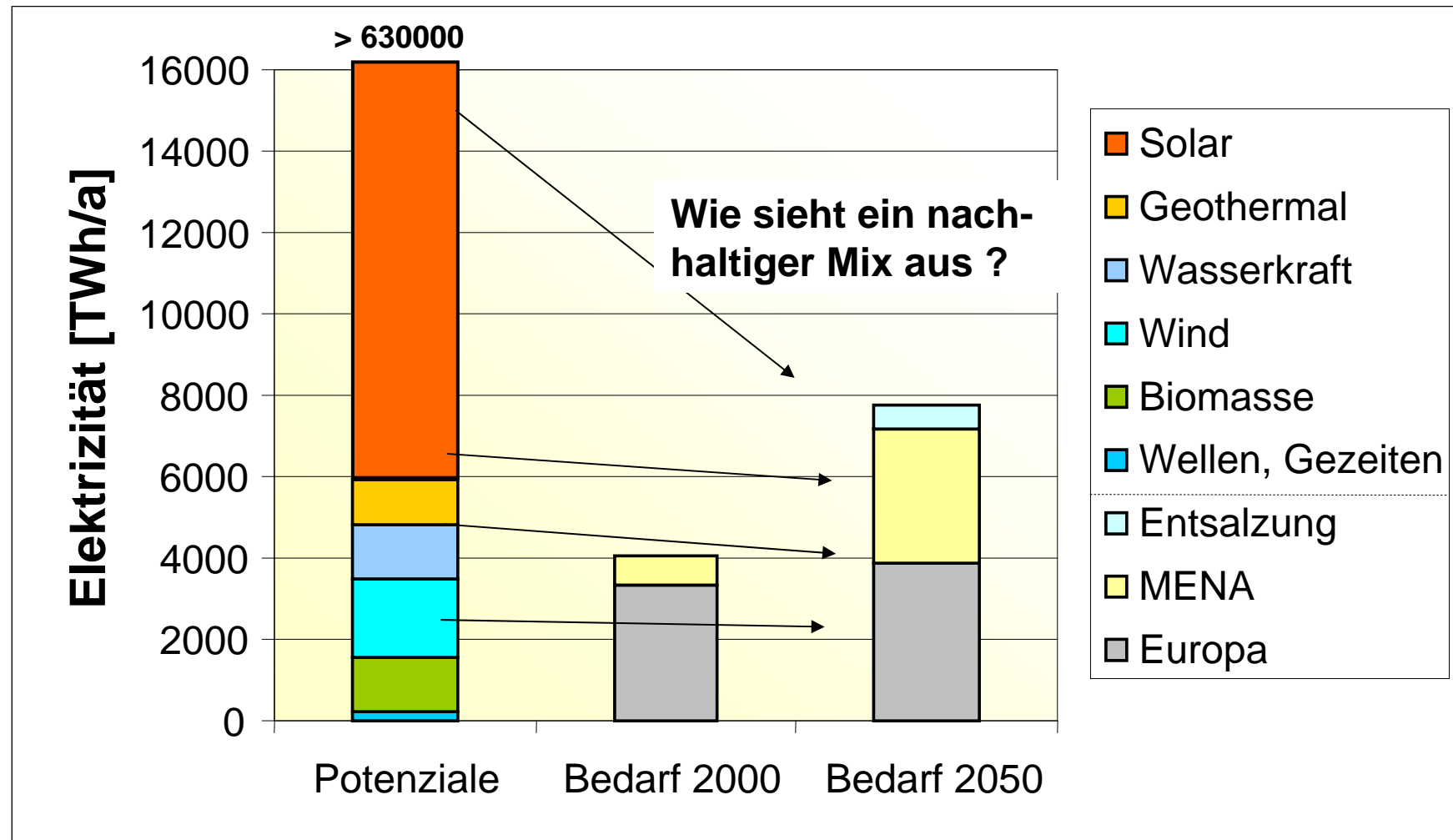


Wasserkraft (0-50)



Stromertrag
in GWh/km²/a

Ökonomische Potenziale vs. Bedarf in EUMENA





... und was ist überhaupt “nachhaltig” ?

✓ **Sicher**

verschiedene, sich ergänzende Quellen und Reserven
elektrische Leistung nach Bedarf
langfristig verfügbare Ressourcen
sichtbare und zeitnah ausbaubare Technologie

✓ **Kostengünstig**

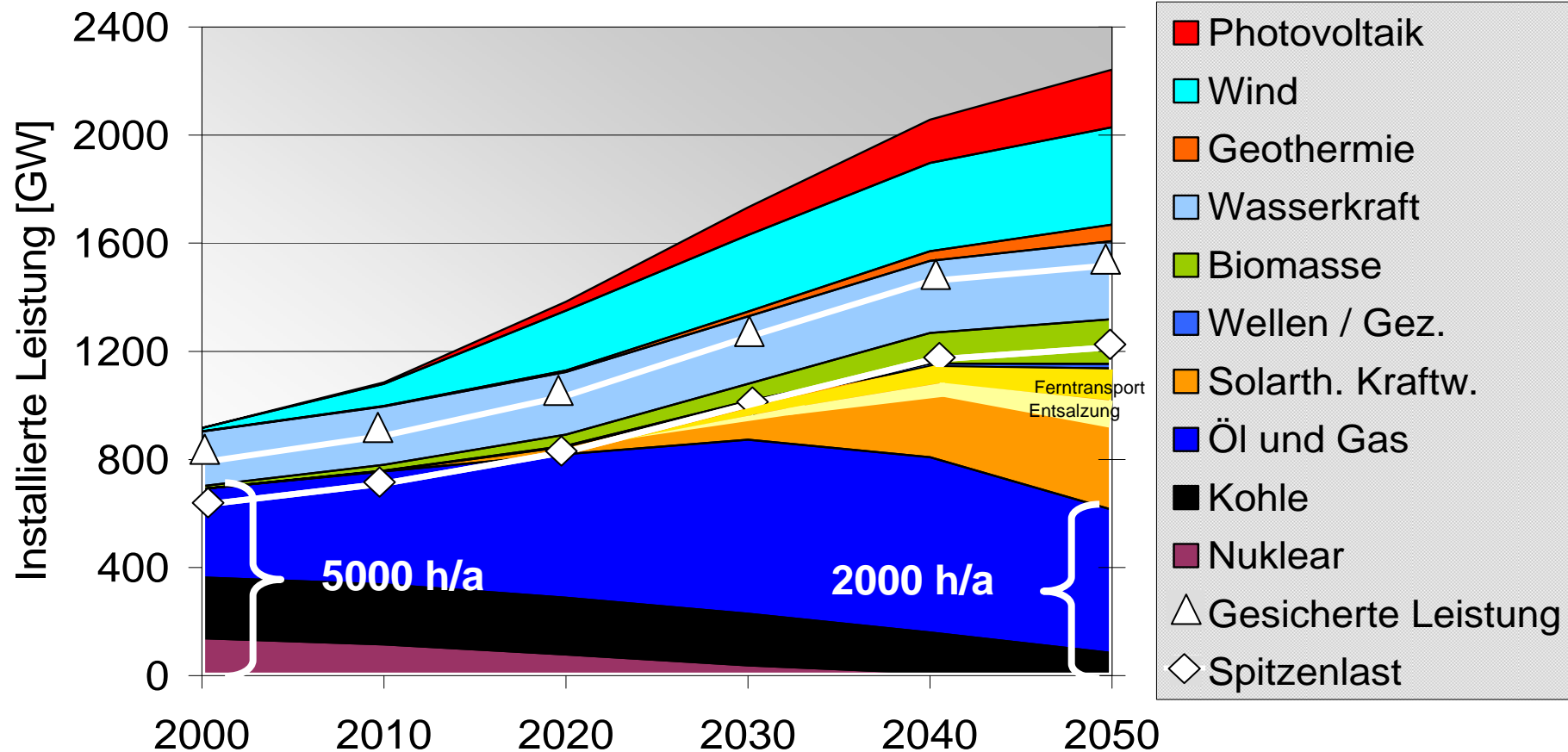
niedrige Kosten
keine langfristigen Subventionen

✓ **Kompatibel**

geringe Emissionen
Klimaschutz
geringe Risiken
fairer Zugang



Installierte Leistung und Spitzenlast in EUMENA



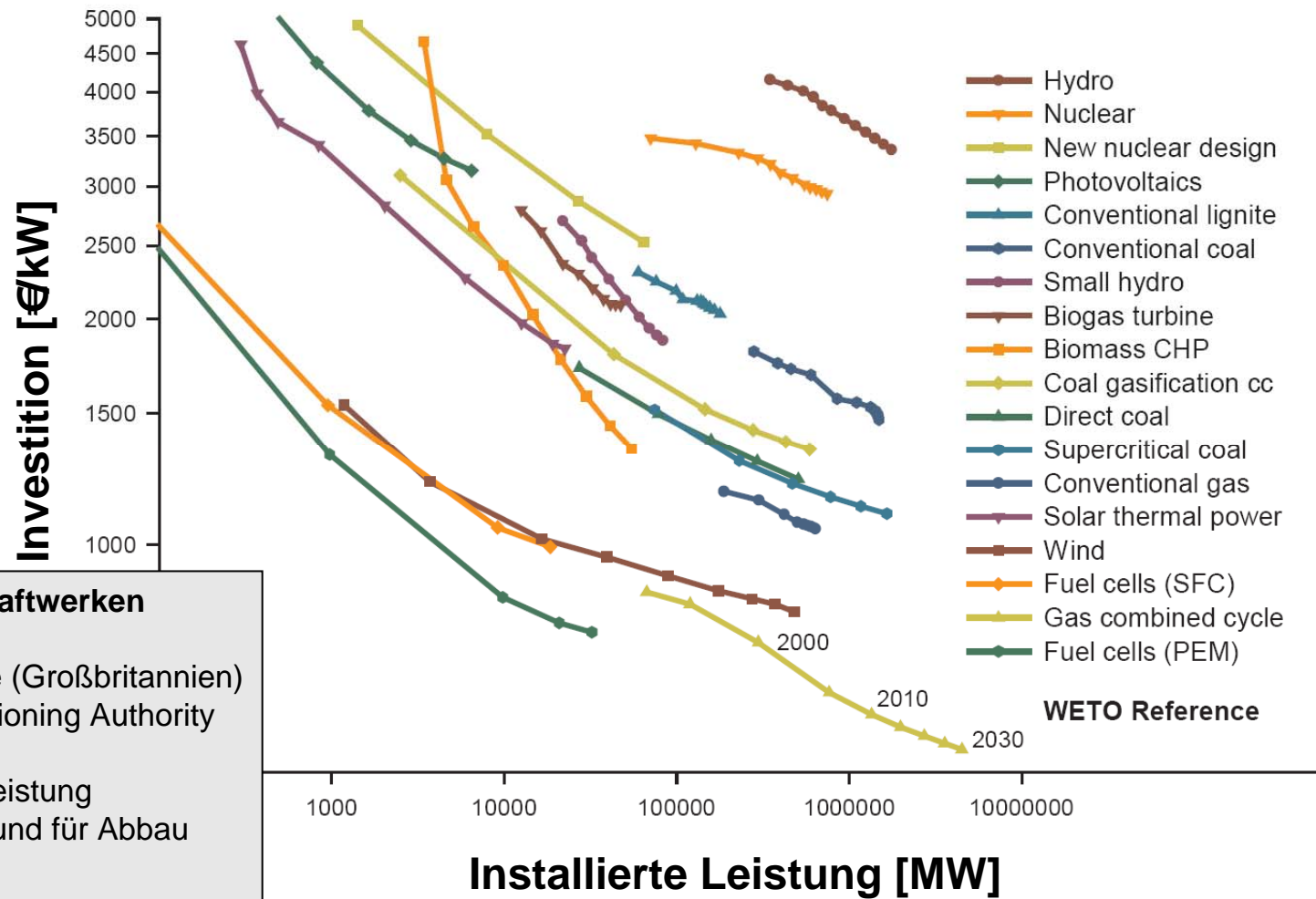
➔ 100 % Verfügbarkeit + 25 % Reservekapazität



Was wird sich technisch ändern?

1. Die Auslastung konventioneller Kraftwerke sinkt von heute etwa 5000 h/a auf unter 2000 h/a, mit weniger Emissionen. Es werden nur noch gut regelbare Spitzenlastkraftwerke, aber keine schlecht regelbaren Grundlastkraftwerke mehr gebraucht.
2. Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) wird zunehmend zum Ferntransport erneuerbarer Energie in die Ballungszentren eingesetzt und dort über das Wechselstromnetz verteilt.

Kraftwerkspreise sinken mit steigender Kapazität



Abbau von Atomkraftwerken

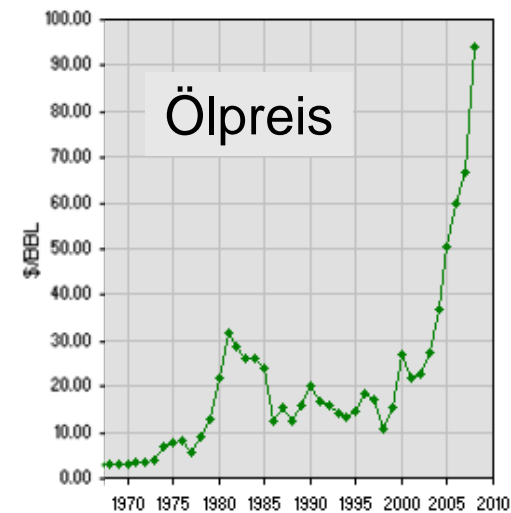
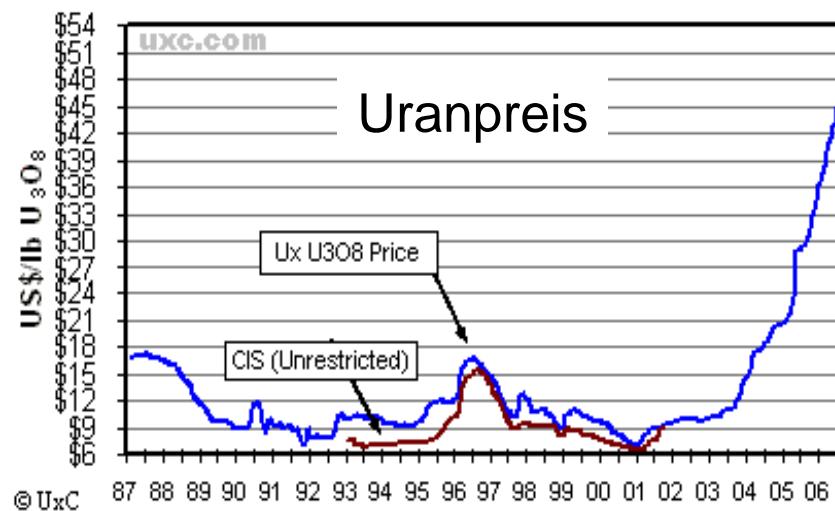
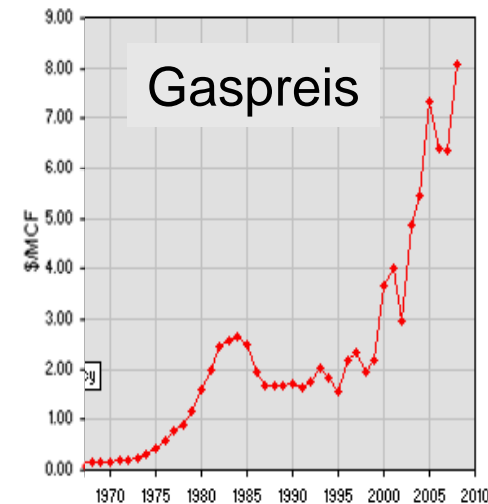
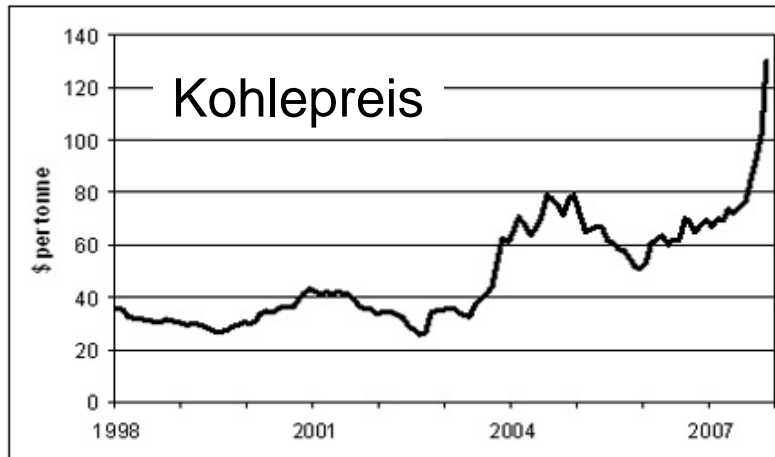
National Audit Office (Großbritannien)
Nuclear Decommissioning Authority

11 GW installierte Leistung
61 Mrd. Britische Pfund für Abbau

3000 €/kW Bau
6000 €/kW Abbau

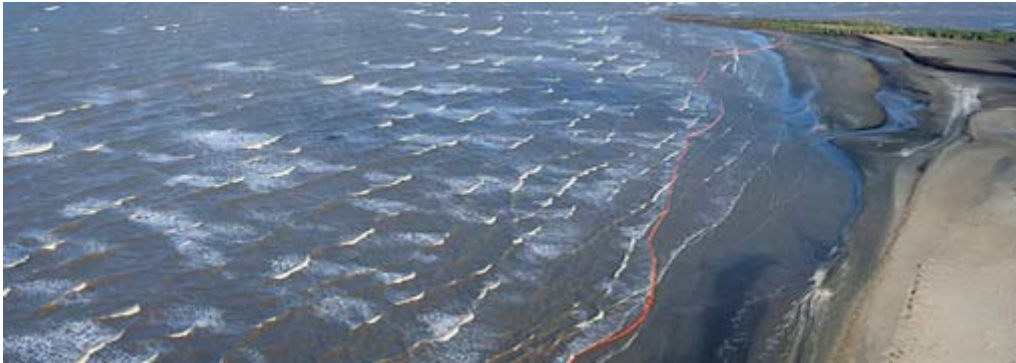


Brennstoffpreise steigen mit wachsendem Verbrauch





Ölkosten?



Atomkosten?



Kohlekosten?

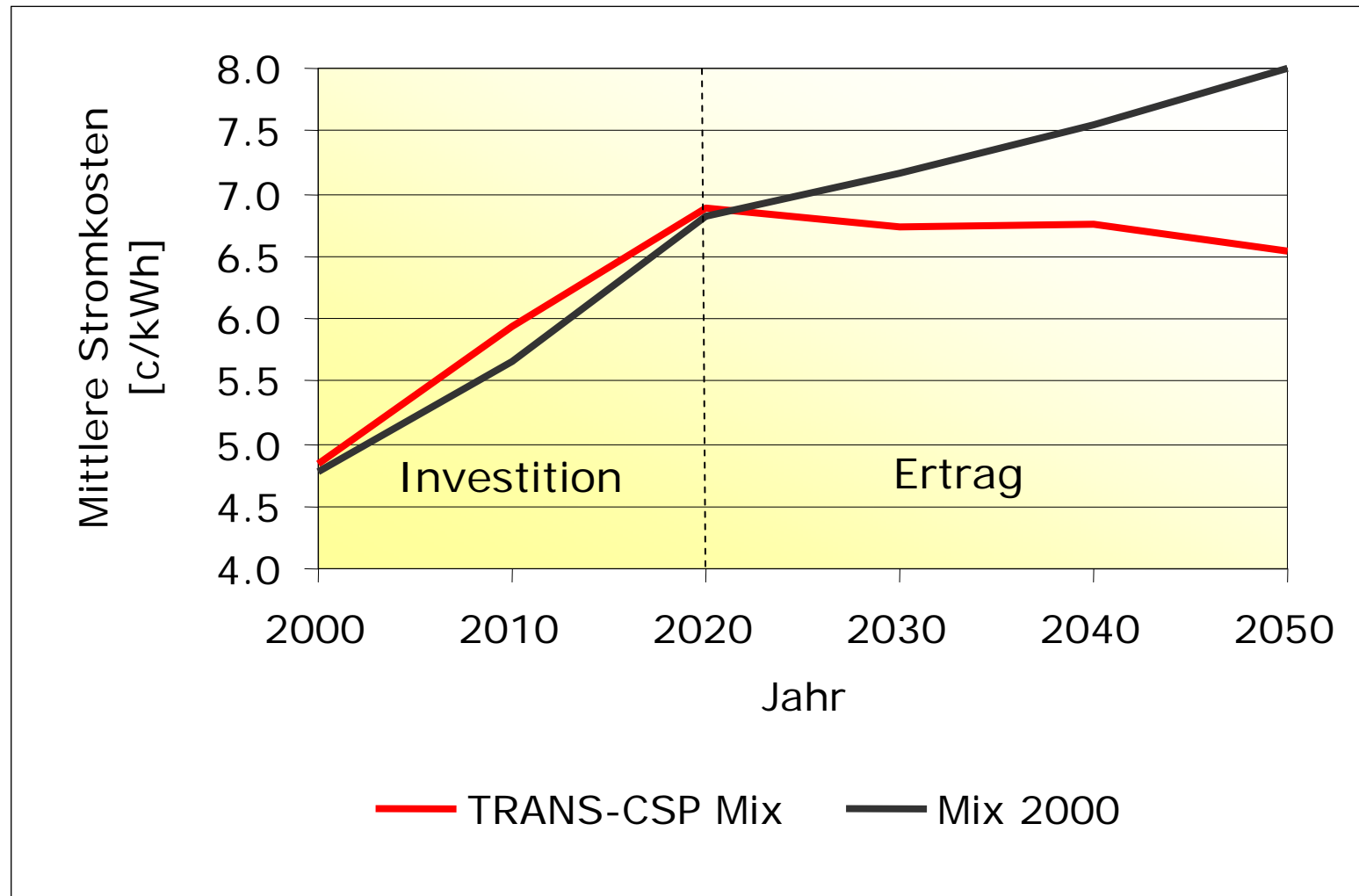


Was kostet die
Welt?

(die dabei
zerstört wird)

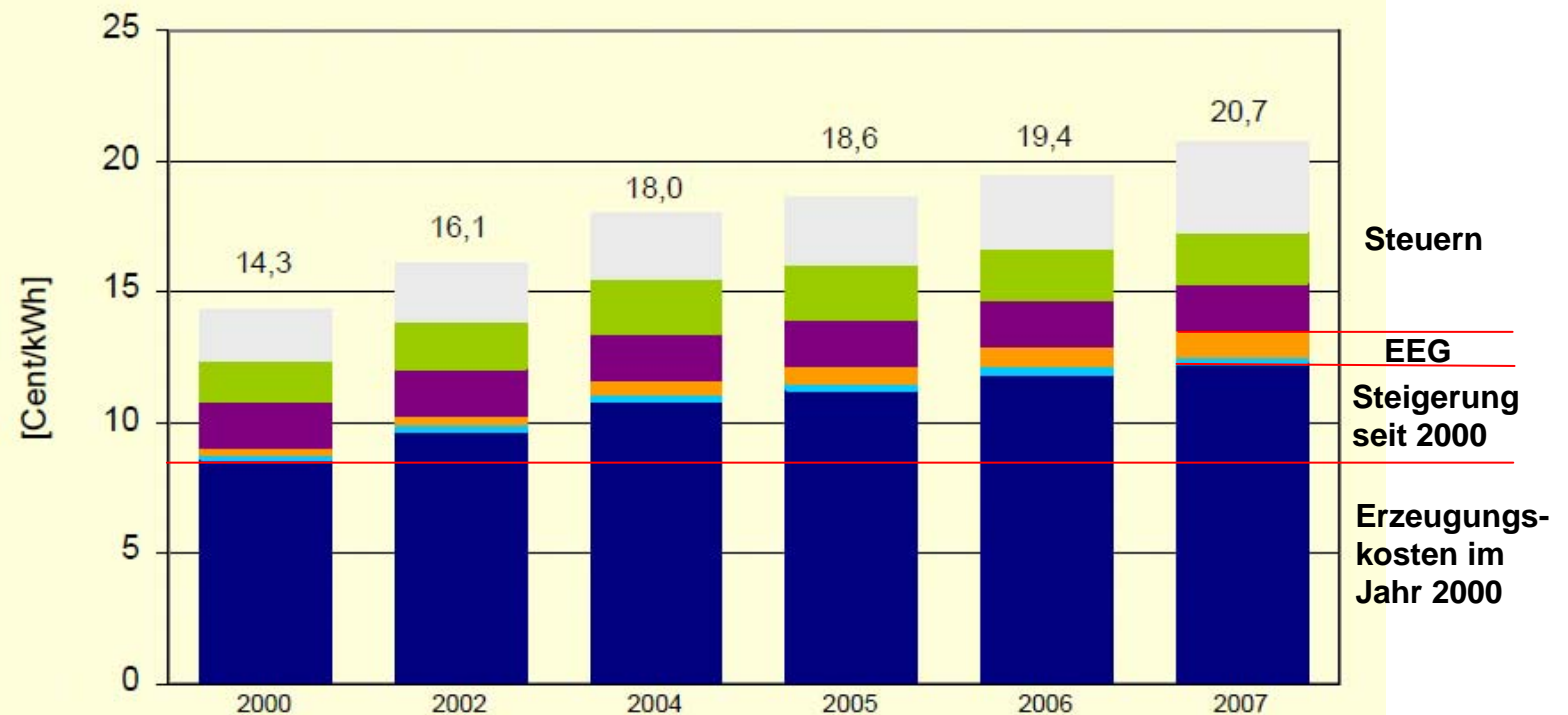


Entwicklung der Stromkosten am Beispiel Spanien





Das EEG: Kosten pro kWh für Haushaltskunden in Deutschland



Umsatzsteuer	2,0	2,2	2,5	2,6	2,7	3,3
Stromsteuer	1,5	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0
Konzessionsabgabe	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
EEG	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0
KWKG	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Erzeugung, Transport, Vertrieb	8,6	9,7	10,8	11,2	11,8	12,2
Gesamt	14,3	16,1	18,0	18,6	19,4	20,7

Durch EEG vermiedene Steigerung: 0,5 ct/kWh in 2007

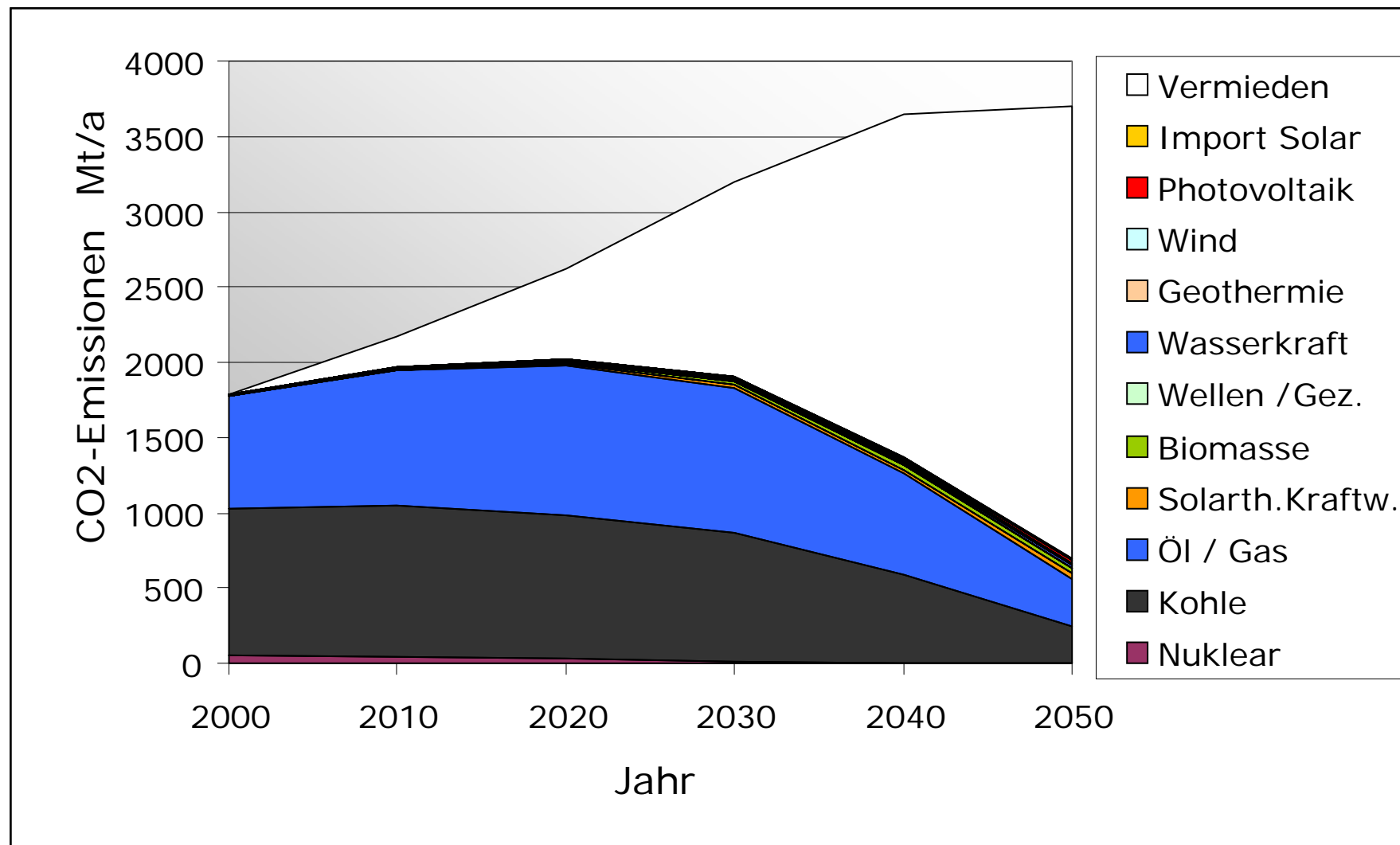


Was wird sich ökonomisch ändern?

1. Nach anfänglicher Förderung führt der Ausbau erneuerbarer Energiequellen zu einer Stabilisierung der Energiepreise und zur Entlastung der öffentlichen und privaten Haushalte.
2. Solarstromimporte aus der Wüste werden eine bezahlbare und gut regelbare Komponente der Stromversorgung und ersetzen damit vor allem fossile Brennstoffe und Atomkraft.



Reduktion der CO₂ Emissionen aus der Stromerzeugung auf 0.5 t/cap/a





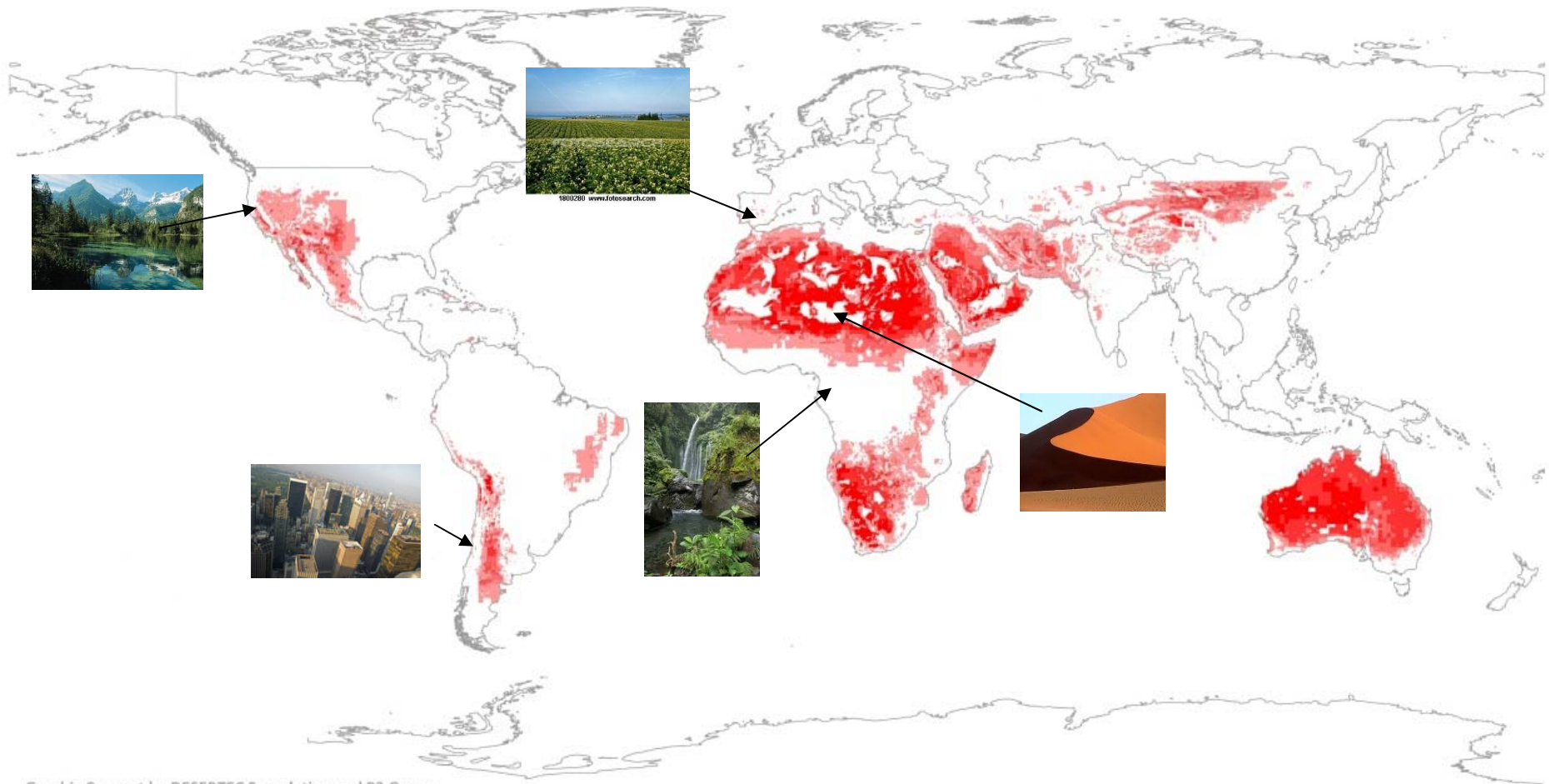
Was wird sich ökologisch ändern?

1. Klimagase u. a. Emissionen in EUMENA werden im Stromsektor trotz Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum bis 2050 auf etwa 38% gegenüber 2000 reduziert.
2. Der gesamte erneuerbare Kraftwerkspark wird etwa 1% der Landflächen in Anspruch nehmen.
(zum Vergleich: europäisches Verkehrsnetz: 1.2%).



Energie,
Wasser,
Nahrung,
Arbeit und
Einkommen

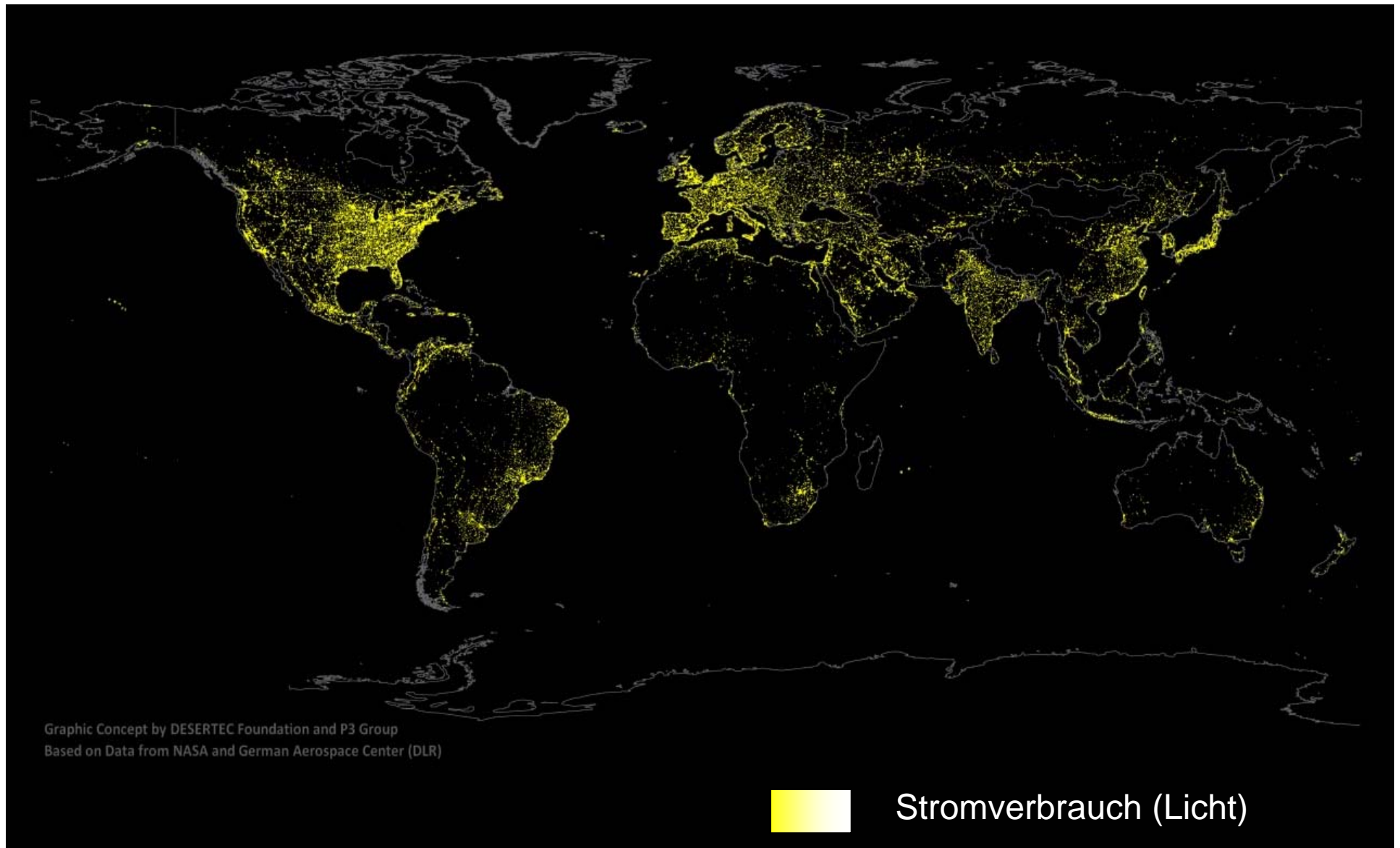
für weitere
300 Mio.
Menschen
in MENA ?

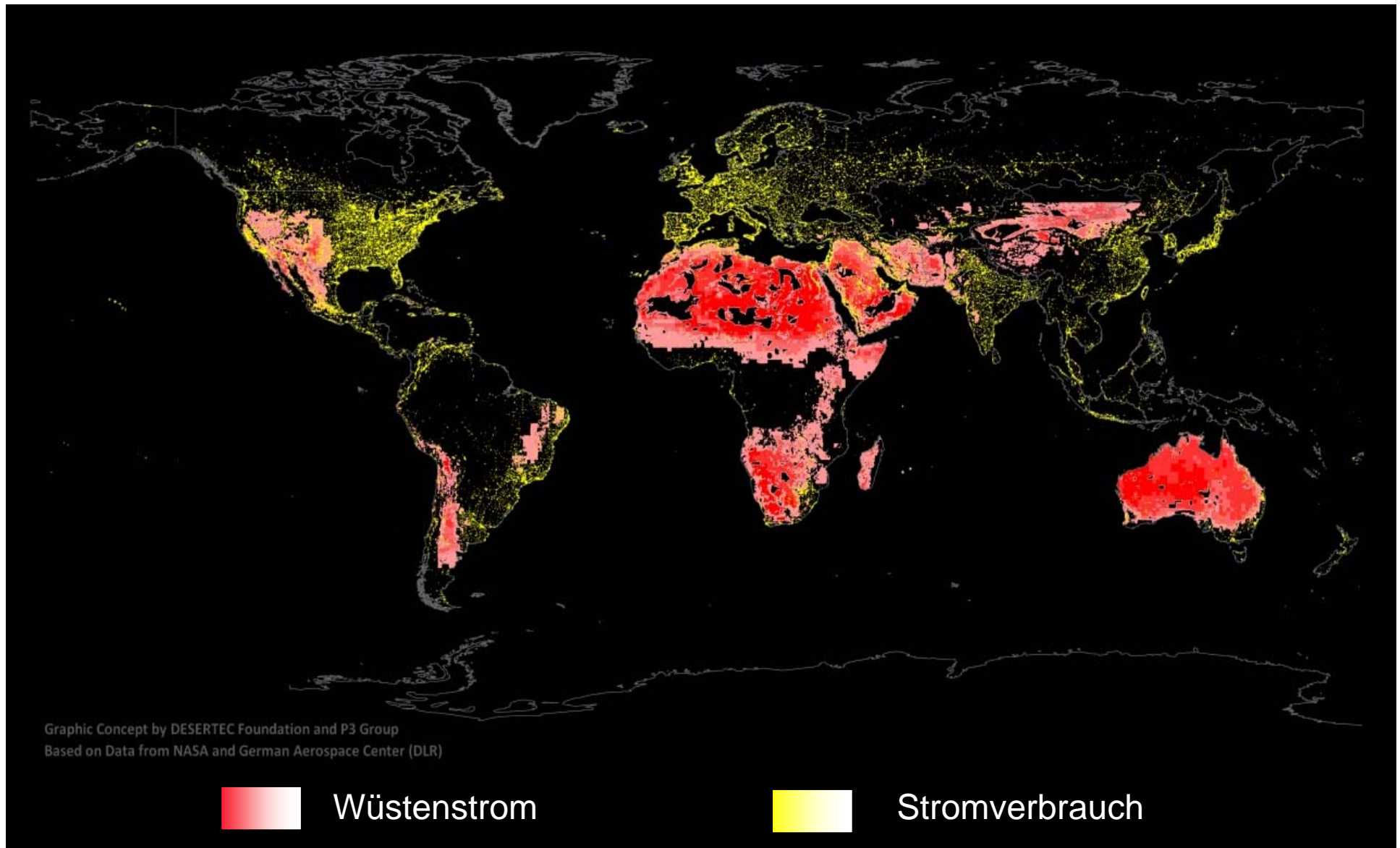


Graphic Concept by DESERTEC Foundation and P3 Group
Based on Data from NASA and German Aerospace Center (DLR)



Wüstenstrompotenziale nach Ausschluss ungeeigneter Flächen







Was kann die Wüstensonne?

Potenzial:

3.000.000 TWh/a

18.000 TWh/a Weltstrombedarf

Landflächenbedarf:

150-300 m²/GWh

400 m²/GWh Kohle

800 m²/GWh „saubere“ Kohle)

Verfügbarkeit:

7.500 h/a

7.500 h/a Atomkraftwerk

Die Wüstensonne ist die größte, kompakteste und zuverlässigste Energiequelle des Planeten Erde.



Was muss sich politisch ändern?

1. Eine gemeinsame internationale Anstrengung zur Erschließung erneuerbarer Energiequellen muss den zunehmenden Kampf um begrenzte fossile Brennstoffe ersetzen.
2. Die Umsetzung dieses Prinzips muss in den Vordergrund internationaler Sicherheitspolitik treten.
3. Weltweit müssen geeignete Rahmenbedingungen für die effiziente Verbreitung erneuerbarer Energiequellen geschaffen werden.



Spherical Utility-Scale Nuclear Fusion Reactor (SUN 1)



Vollautomatisch

Erprobt

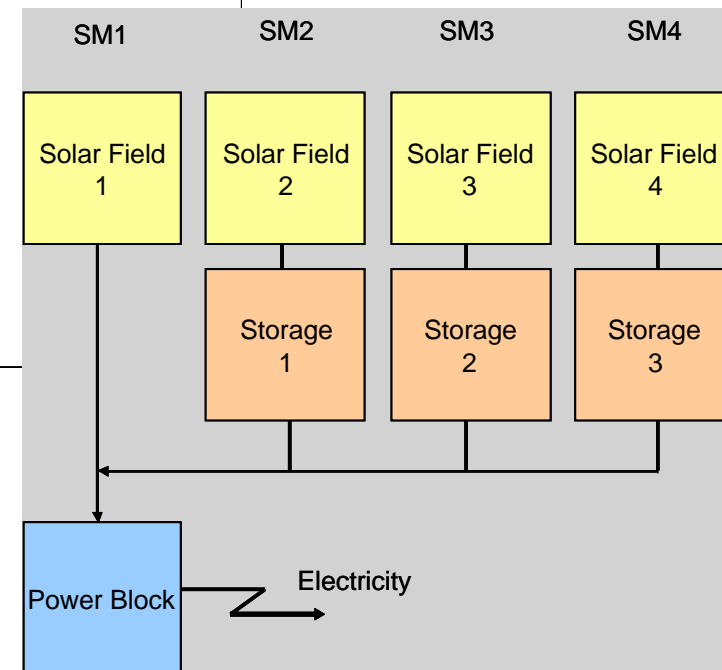
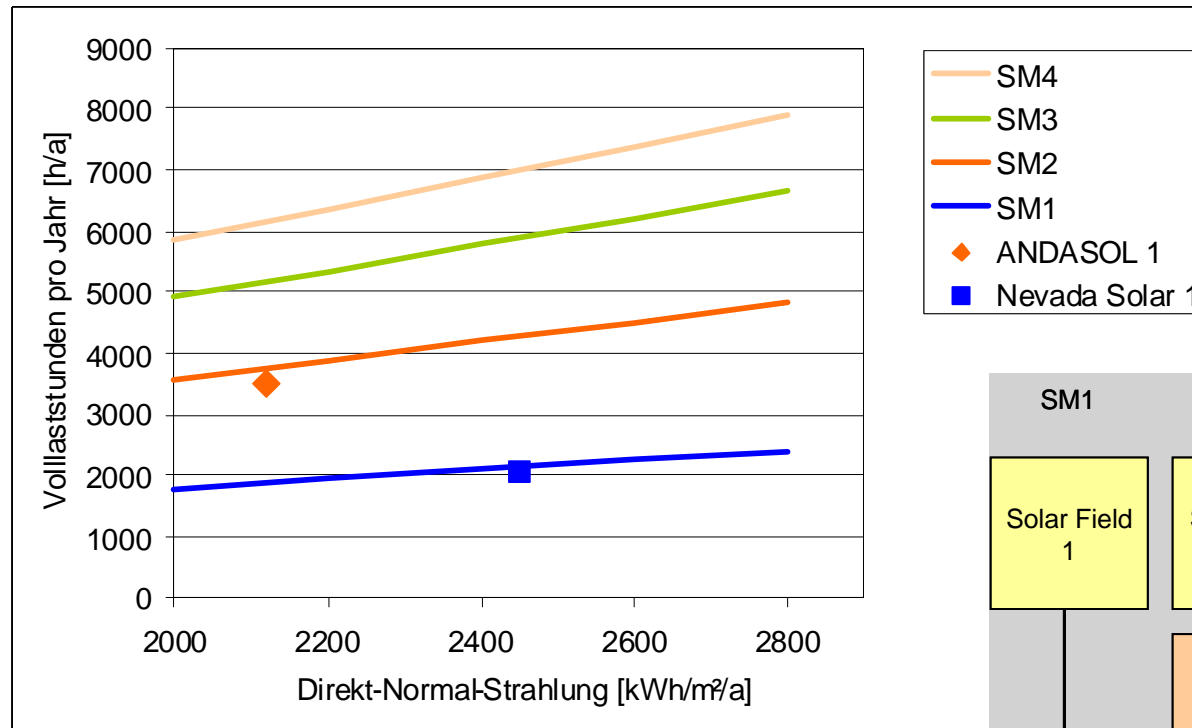
Kostengünstig

Umweltfreundlich

bish. Arbeitsplätze:
ca. 6.500.000.000



Auswirkung thermischer Energiespeicher auf die Auslastung



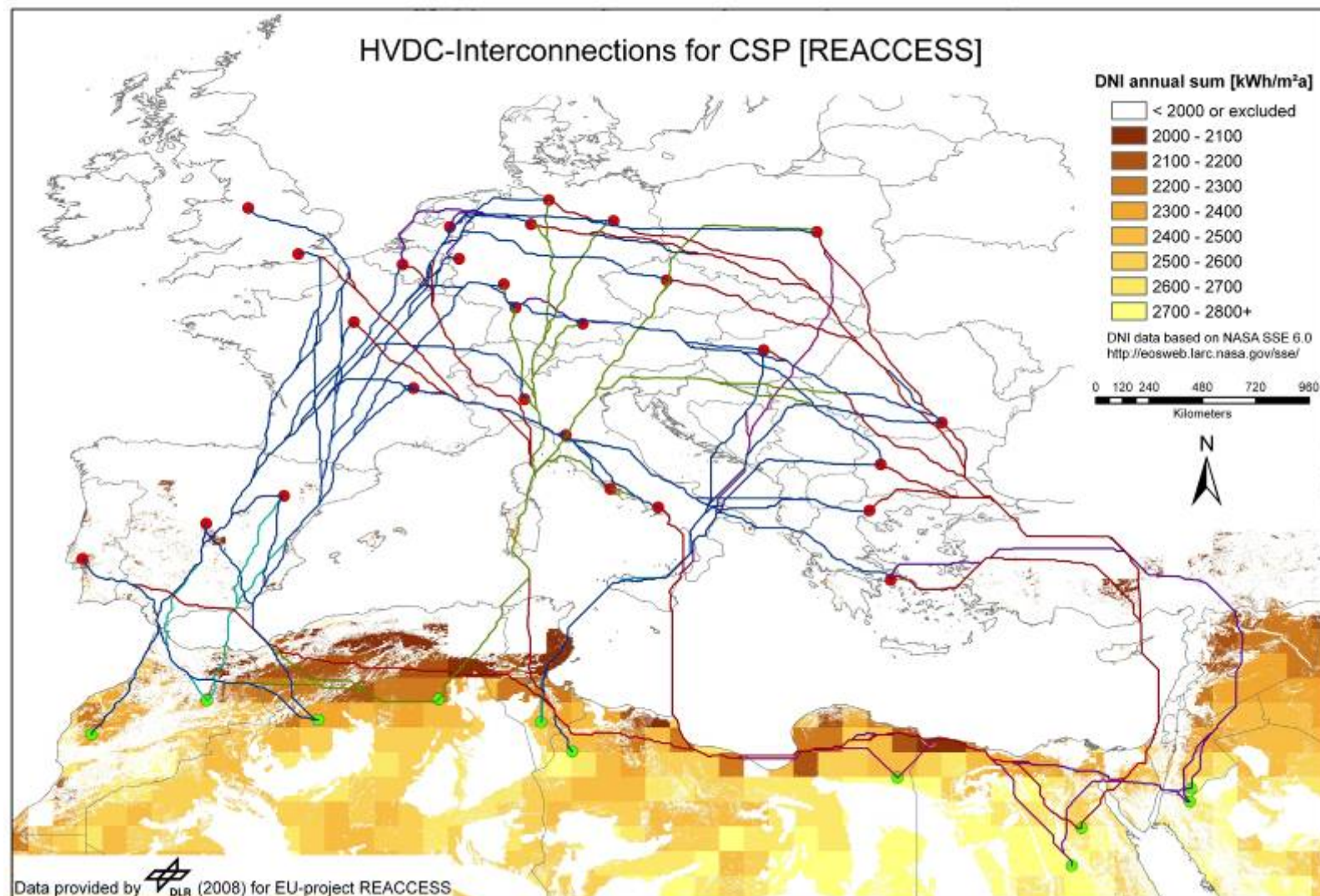
SM = Solar Multiple
 1 Solarfeld = 6000 m²/MW
 1 Speicher = 6 h Vollast

Total EU-MENA HVDC Interconnection 2020 – 2050 *

Year		2020	2030	2040	2050
Lines x Capacity GW		4 x 2.5	16 x 2.5	28 x 2.5	40 x 2.5
Transfer TWh/y		60	230	470	700
Capacity Factor		0.60	0.67	0.75	0.80
Turnover Billion €/y		3.8	12.5	24	35
Land Area	CSP	15 x 15	30 x 30	40 x 40	50 x 50
km x km	HVDC	3100 x 0.1	3600 x 0.4	3600 x 0.7	3600 x 1.0
Investment	CSP	42	134	245	350
Billion €	HVDC	5	16	31	45
Elec. Cost	CSP	0.050	0.045	0.040	0.040
€/kWh	HVDC	0.014	0.010	0.010	0.010

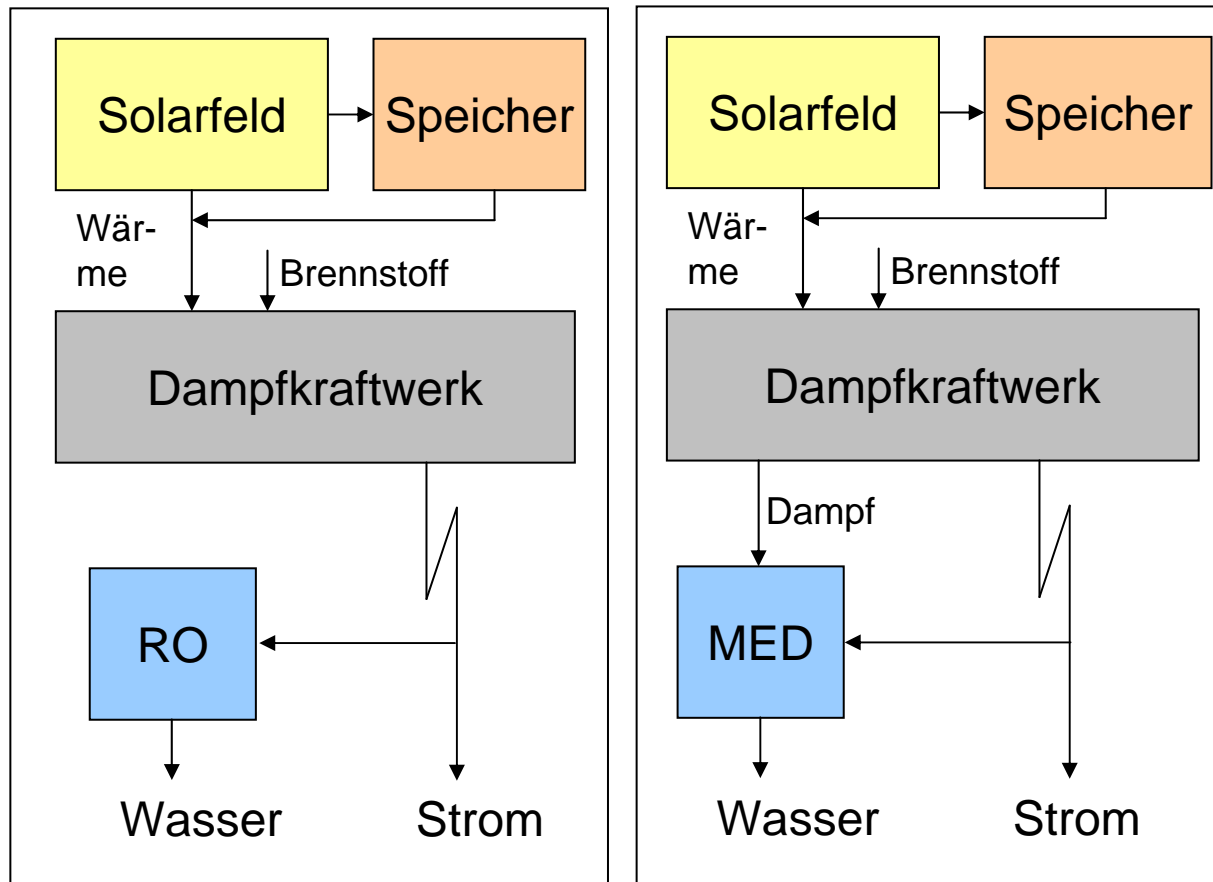
* All countries analysed in TRANS-CSP

HGÜ Leitungen als solare Energiekorridore





Pilotanlagen zur solaren Stromerzeugung und Wasserentsalzung



RO: Umkehrosmose
 MED: Multi-Effekt-Entsalzung

Solarwärmespeicher

Salzschmelze



Beton



Phasenwechsel

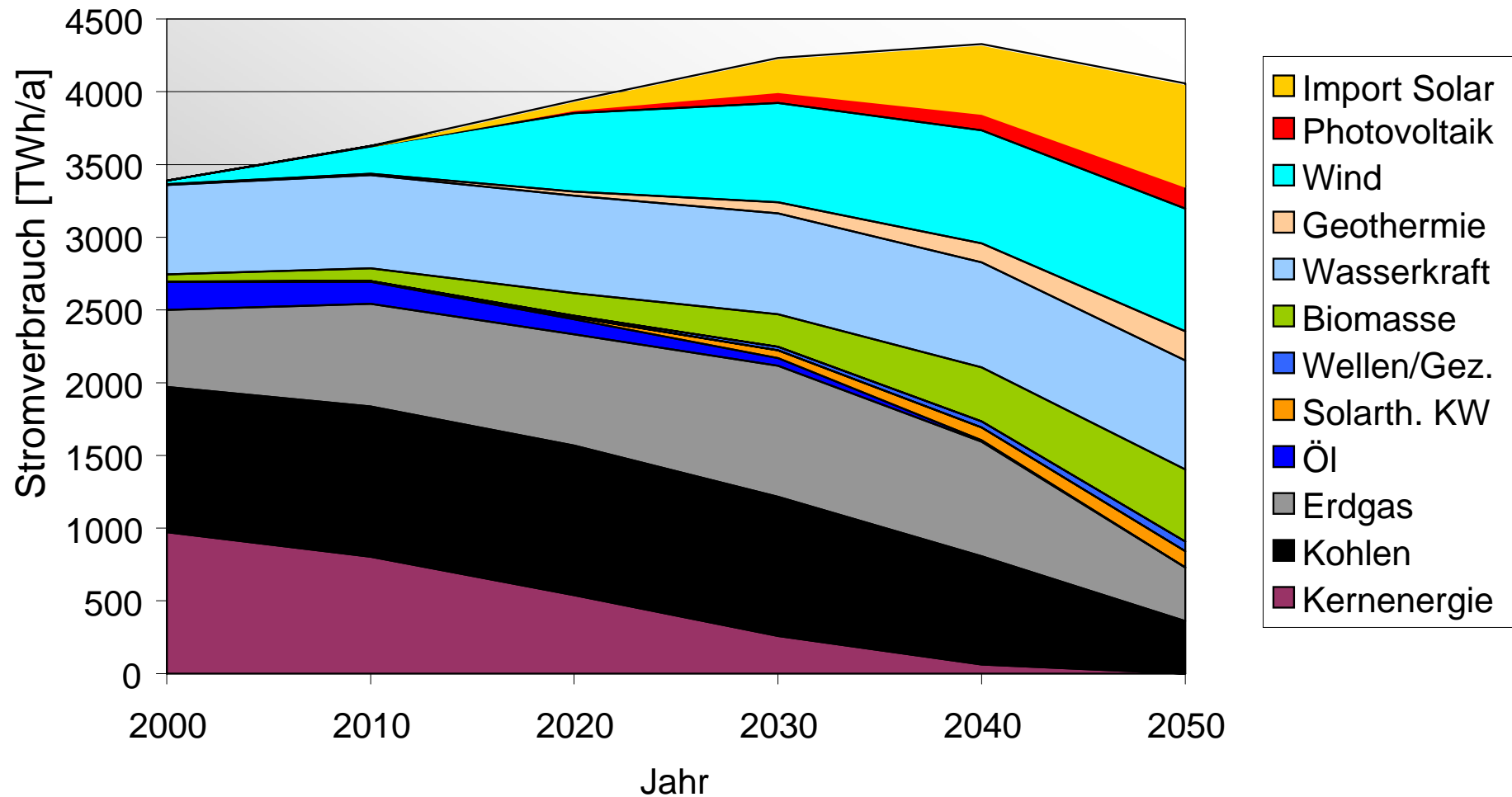


Wasser-/Dampfspeicher



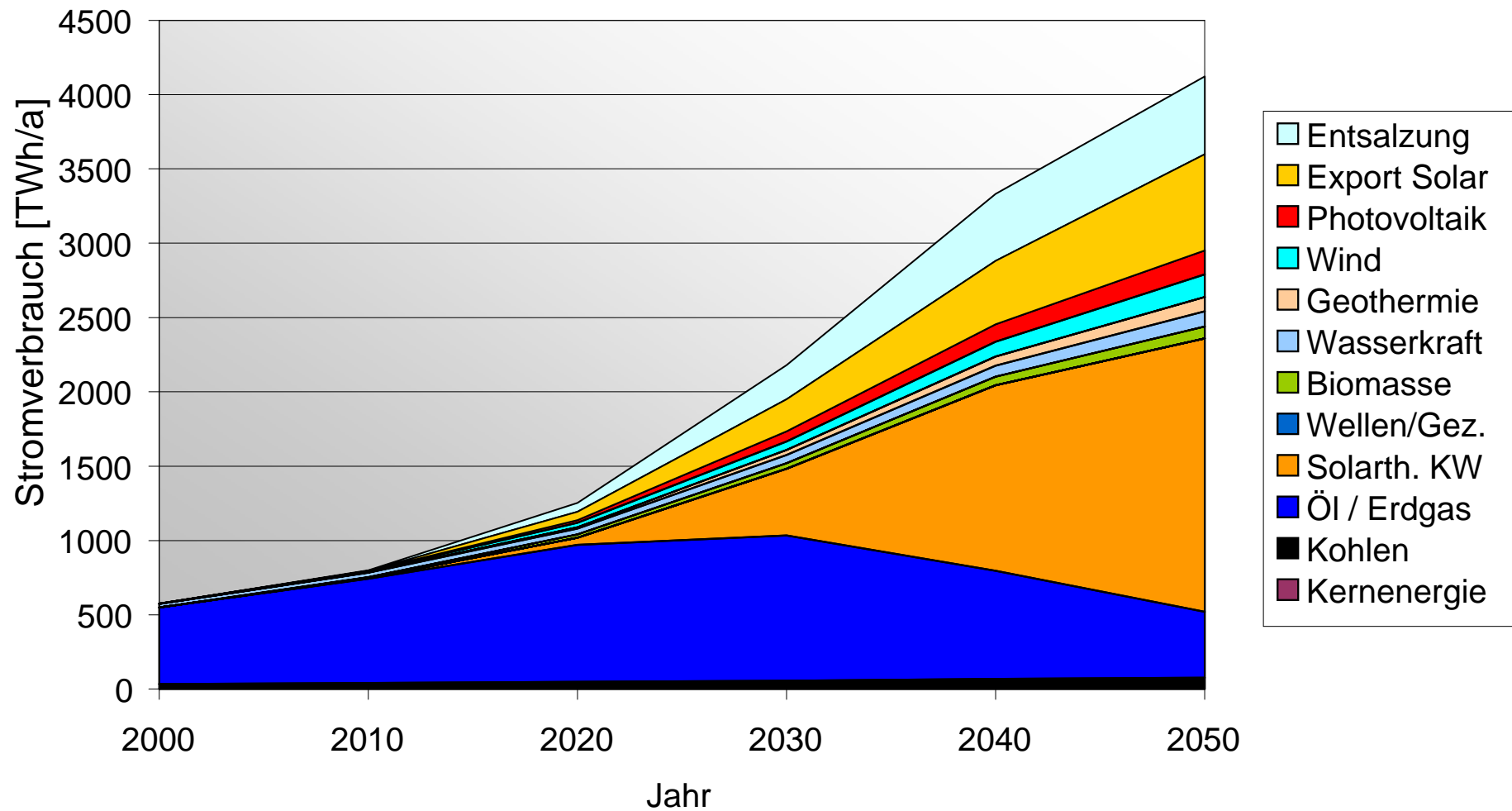


Strombedarf Europa (TRANS-CSP)



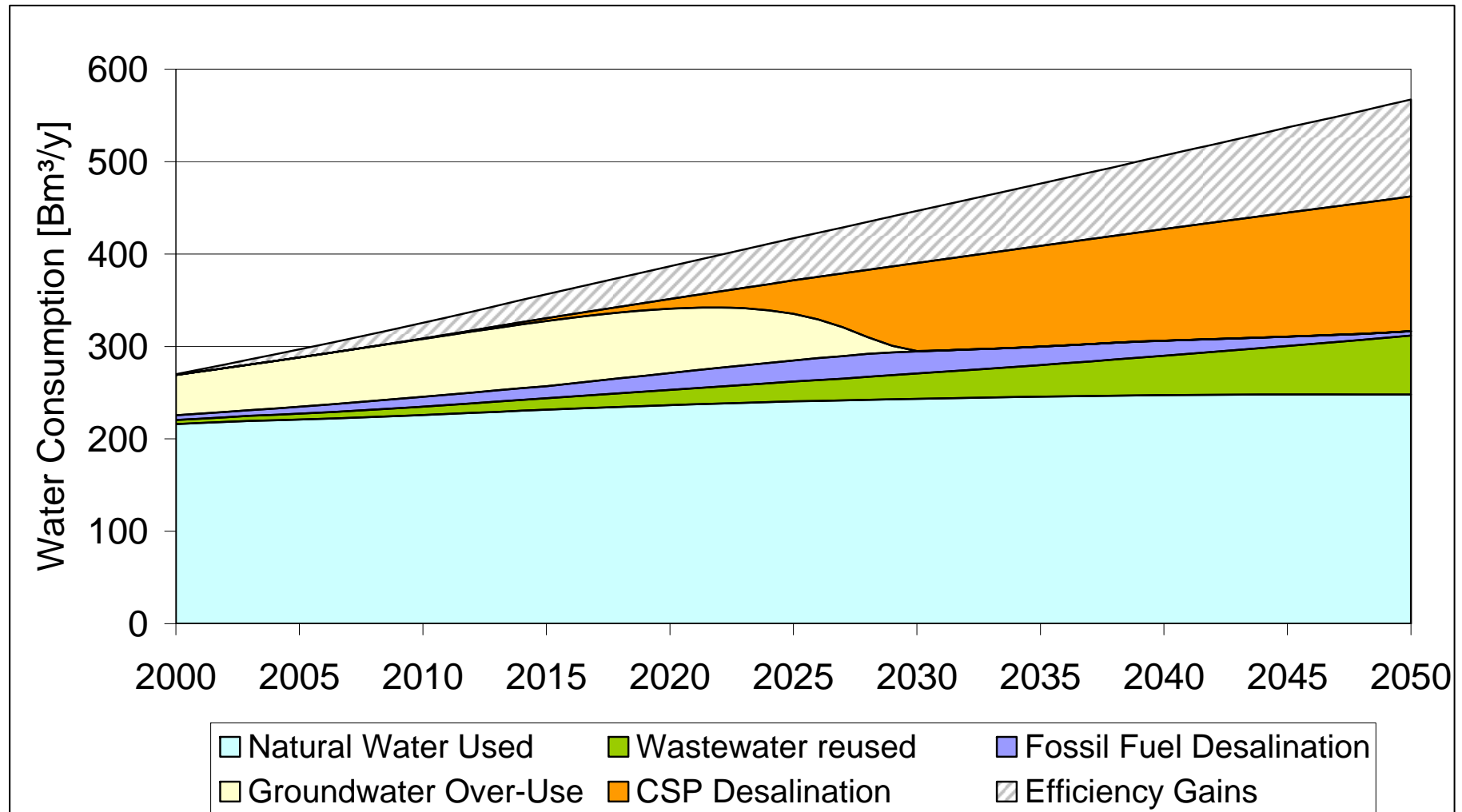


Strombedarf Mittlerer Osten und Nordafrika (MED-CSP)



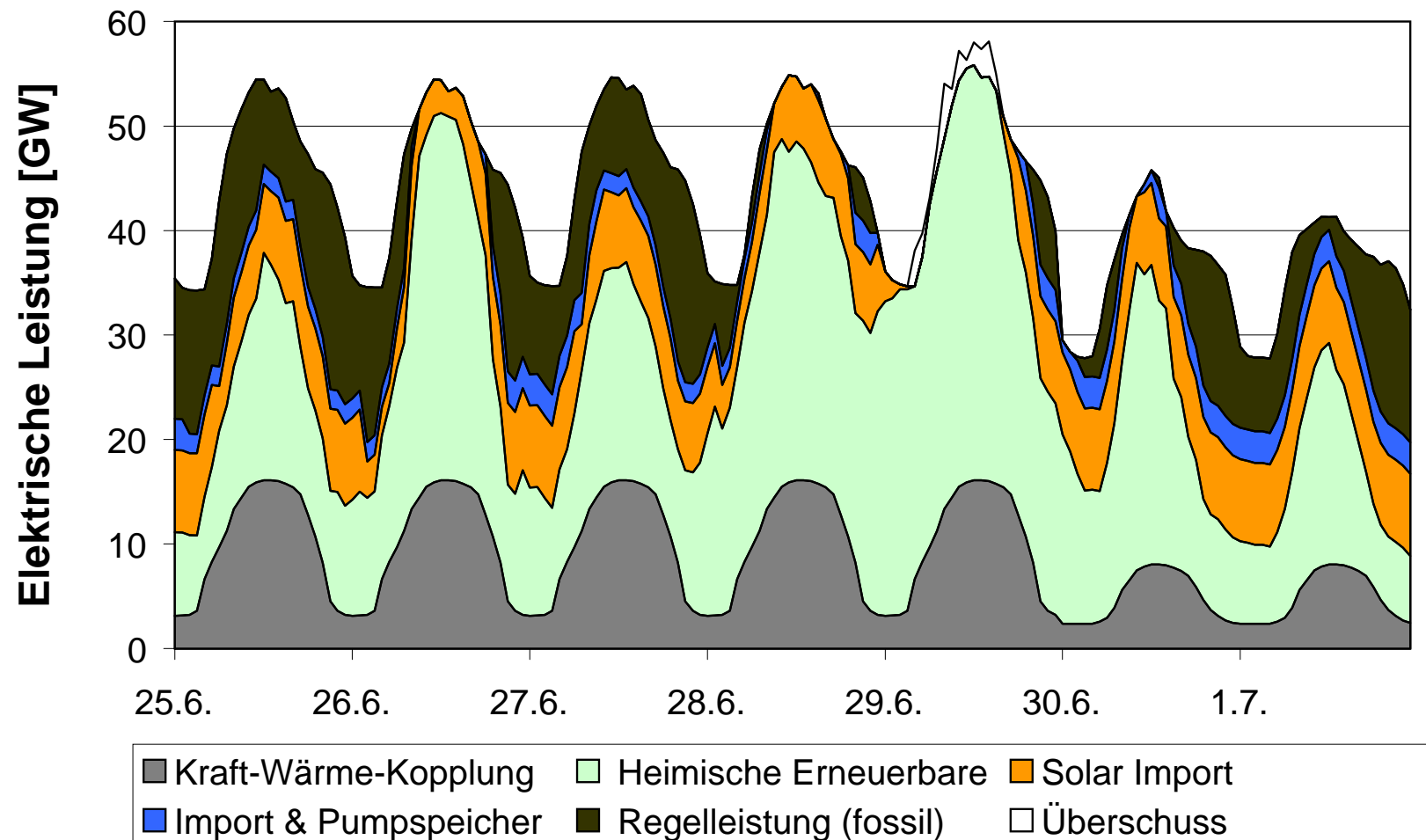


AQUA-CSP Scenario for Middle East & North Africa





Leistung nach Bedarf: Fossile Brennstoffe decken (nur noch) Lastspitzen



Stundenmodellierung Deutschland 2050